

GALLIUM NITRIDE BASED SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

Publication number: JP11340573 (A)

Publication date: 1999-12-10

Inventor(s): OKUMURA TOSHIYUKI

Applicant(s): SHARP KK

Classification:

- international: *H01L33/00; H01S5/00; H01S5/042; H01S5/065; H01S5/323; H01S5/343; H01L33/00; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/18; H01L33/00*

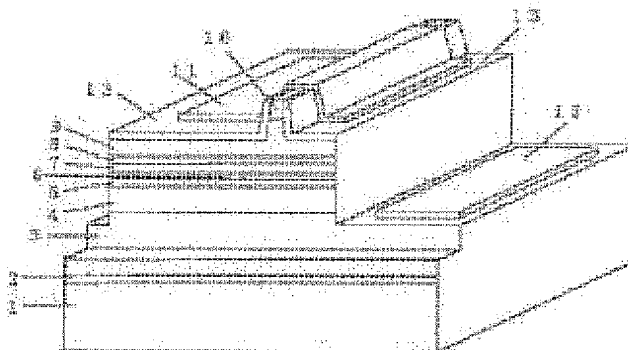
- European:

Application number: JP19980146786 19980528

Priority number(s): JP19980146786 19980528

Abstract of JP 11340573 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser element, having a good laser oscillation characteristic which is capable of being used as a light source of an optical disc system.
SOLUTION: In a gallium nitride based semiconductor laser element having an activated layer 6, comprising a semiconductor nitride formed between at least clad layers 4 and 9, and/or guide layers 5 and 8, on a substrate 1, a length in a direction of a laser resonator of an ohmic electrode 11 which supplies current to the activated layer, is shorter than the length of the laser resonator.



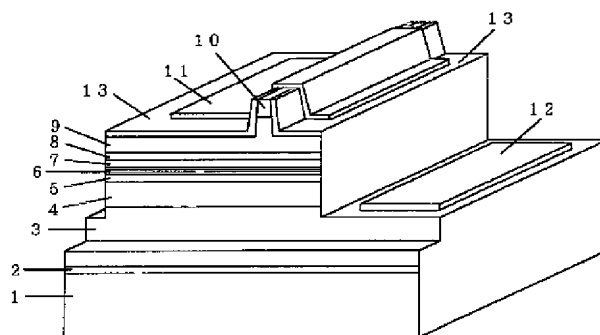
Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成11年(1999)12月10日

審査請求 未請求 請求項の数 8 O.L (全 10 頁)

(74)代理人 弁理士 小池 隆彌



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、窒化物半導体からなる少なくともクラッド層及び／またはガイド層に挟まれた窒化物半導体よりなる活性層を備えた窒化ガリウム系半導体レーザ素子において、前記活性層に電流を供給するオーミック電極のレーザ共振器方向の長さが、レーザ共振器の長さよりも短いことを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記オーミック電極のレーザ共振器方向の長さと同記レーザ共振器の長さとの差が $1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが $100\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記オーミック電極はp側電極であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項5】 前記活性層が、単一量子井戸層からなることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項6】 前記活性層が、量子井戸層と障壁層とを交互に積層してなる量子井戸構造活性層からなり、量子井戸層の層数が2以上4以下であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項7】 前記活性層を形成する量子井戸層の厚さが、 10nm 以下であることを特徴とする請求項5又は6に記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【請求項8】 前記活性層を形成する障壁層の厚さが、 10nm 以下であることを特徴とする請求項6又は7に記載の窒化ガリウム系半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクシステムの光源に用いられる窒化ガリウム系半導体レーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】紫外から緑色の波長領域での発光波長を有する半導体レーザ素子(LD)の半導体材料として、窒化ガリウム系半導体(GaInAlN)が用いられている。この窒化ガリウム系半導体を用いた半導体レーザ素子は、例えば、特開平9-219560号公報に記載されており、その斜視図を図8に示す。図8において、201はサファイア基板、202はGa_{0.3}Nバッファ層、203はn-GaNコンタクト層、204はn-In_{0.1}Ga_{0.9}N層、205はn-Al_{0.3}Ga_{0.7}Nクラッド層、206はn-GaNガイド層、207はIn_{0.2}Ga_{0.8}N量子井戸層とIn_{0.05}Ga_{0.95}N障壁層とからなる多重量子井戸構造活性層、208はp-Al_{0.2}Ga_{0.8}N層、209はp-GaNガイド層、210はp-Al_{0.3}Ga_{0.7}Nクラッド層、211はp-GaNコンタクト層、212はp側電極、213はn側電極である。ここで、多重量子井戸構造活性層207は、2.5nm厚のIn_{0.2}Ga_{0.8}N量子井戸層が14層、5.0nm厚のIn_{0.05}Ga_{0.95}N障壁層が13層、の合計27層で構成され、量子井戸層と障壁層が交互に形成されている。

【0003】この従来例ではストライプ状のp側電極212とn側電極213とをウェハー上に形成した後、サファイア基板を劈開してレーザ共振器を作製しており、共振器の端面で各電極は切断されており、各電極の共振器方向の長さと同記レーザ共振器の長さは一致していた。

【0004】一方、窒化ガリウム系半導体を用いた半導体レーザ素子を光ディスクシステムの光源として用いる場合、データの読み出し時における雑音によるデータの読み出しエラーを防止するために、一定電流を注入しても光出力が変動されている自励発振型の半導体レーザ素子が用いられており、このような半導体レーザ素子は特開平9-191160号公報に記載されており、その断面図を図9に示す。図9において、221はn-SiC基板、222はn-AlNバッファ層、223はn-Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層、224は厚さ50nmのIn_{0.15}Ga_{0.85}N活性層、225はp-Al_{0.15}Ga_{0.85}N第1p型クラッド層、226はp-In_{0.2}Ga_{0.8}N可飽和吸収層、227はn-Al_{0.25}Ga_{0.75}N電流ブロック層、228はp-Al_{0.15}Ga_{0.85}N第2p型クラッド層、229はp-GaNキャップ層、230はp-GaNコンタクト層、231はp側電極、232はn側電極である。この従来例においては、活性層224で発生した光の一部が可飽和吸収層226で吸収されることによって可飽和吸収層226の吸収係数が変化し、それに伴って活性層224からのレーザ発振による発光強度が周期的に変化する。その結果、レーザからの出射光の干渉性が低下する。このように干渉性が低下した半導体レーザ素子を光ディスクシステムの光源として用いると、ディスクでの反射光が半導体レーザ素子に戻ってきても、レーザからの出射光と反射による戻り光が干渉を起こさないため雑音の発生が抑えられ、データの読み出しエラーを防止できる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来の窒化ガリウム系半導体を用いた半導体レーザ素子は以下のような問題点があった。まず、可飽和吸収層を付加した自励発振型の半導体レーザ素子に関しては、この可飽和吸収層で活性層から発生する光が吸収されるため、レーザ共振器内部での光の損失が増大する。その結果、半導体レーザ素子の発振閾値電流が増大するとともに、発光効率が低下してしまうという問題があった。さらにこの

従来の自励発振型半導体レーザ素子では、活性層を挟むクラッド層の一方にのみ可飽和吸収層を付加しているか、あるいは、活性層を挟むガイド層の一方にのみ可飽和吸収層を付加しているため、レーザからの出射光の遠視野像が対称でなくなり、レンズを用いて出射光を集光する場合に、集光スポットサイズを十分に小さく出来ない、という問題も生じていた。

【0006】一方、可飽和吸収層が付加されていない従来の窒化ガリウム系半導体を用いた半導体レーザ素子においては、従来の自励発振型半導体レーザ素子に見られるような発振閾値電流の増大、発光効率の低下、集光スポットサイズを小さく出来ないという問題は発生しないが、この半導体レーザ素子を光ディスクシステムの光源として用いると、自励発振しないためディスクからの戻り光によって雑音が発生し、データの読み出し時に読み出しエラーを生じていた。従って、可飽和吸収層が付加されていない従来の窒化ガリウム系半導体を用いた半導体レーザ素子は光ディスクシステム用の光源として実用に供することが出来ないという問題があった。

【0007】本発明は以上のような事情に鑑みてなされたものであり、窒化ガリウム系半導体レーザ素子における課題を解決して、光ディスクシステムの光源としての使用が可能な、良好なレーザ発振特性を有する窒化ガリウム系半導体レーザ素子を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような発明を見出すにあたって、本発明者は従来素子における前記課題解決のために詳細に検討を行い、その結果、従来の自励発振型の半導体レーザ素子で用いられている可飽和吸収層を用いることなく、簡単な構成で自励発振型の半導体レーザ素子が得られることを見出した。

【0009】すなわち、本発明に係る窒化ガリウム系半導体レーザ素子は、窒化物半導体からなる少なくともクラッド層及び／またはガイド層に挟まれた窒化物半導体よりなる活性層を備えた窒化ガリウム系半導体レーザ素子において、活性層に電流を供給するオーミック電極のレーザ共振器方向の長さが、レーザ共振器の長さよりも短いことを特徴とする。このようにオーミック電極のレーザ共振器方向の長さをレーザ共振器の長さよりも短くすることによって、レーザ共振器方向の一部の活性層に電流が注入されない領域が形成されることになる。この時に電流が注入されない領域においてもレーザ光が導波されることによって、電流が注入されない領域がレーザ光を吸収する可飽和吸収領域として働く。この可飽和吸収領域によって、窒化ガリウム系半導体レーザ素子は自励発振特性を有することができる。一方、従来の窒化ガリウム系半導体レーザで用いられていたようなレーザの共振器方向における活性層のすべての領域に電流を注入する場合には、可飽和吸収する領域が形成されておらず、自励発振特性は得られなかった。

【0010】また、本発明のように窒化ガリウム系半導体材料ではなく、砒素化ガリウム系半導体材料（AlGaAs）や燐化インジウム系半導体材料（InGaAsP）を用いた場合には、電極の共振器方向の長さを共振器の長さより短くしたとしても注入された電流が半導体中で広がってしまい、すべての活性層の領域に電流が注入されてしまい、自励発振特性が得られなかった。一方、窒化ガリウム系半導体材料では、電気抵抗値が大きいことにより電流広がりがほとんど生じていないために、電極の形成していない領域の直下の半導体層には電流が注入されないことが判明し、本発明に至った。

【0011】さらに、本発明の自励発振を実現する窒化物系半導体レーザ素子は、電極のレーザ共振器方向の長さが、レーザ共振器の長さに対して $1\mu\text{m}$ から $100\mu\text{m}$ だけ短くすることにより得られた。この長さの違いが $1\mu\text{m}$ より短い場合には可飽和吸収領域となる活性層の影響が小さいため自励発振特性は得られない。また、この長さの違いが $100\mu\text{m}$ より長くなると、可飽和吸収領域となる活性層の影響が大きくなり、半導体レーザ素子の光出力－電流特性にヒステリシスが生じることによって光ディスクシステムには用いることができなくなる。

【0012】本発明では、レーザ共振器方向の一部に形成された電流注入されない活性層においてレーザ光が吸収されることによる発振閾値電流密度の若干の増大を引き起こしているが、電流注入される共振器方向の長さを短くしているため発振閾値電流自体は増大することなく、良好なレーザ発振特性を有する窒化ガリウム系半導体レーザ素子を得ることができる。

【0013】また、本発明の窒化物系化合物半導体レーザ素子がレーザ発振するように十分に大きなレーザ利得を得るためには、電流注入される活性層領域が適当な長さが必要であり、このためオーミック電極の長さが $100\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。 $100\mu\text{m}$ よりも小さい場合には十分に大きなレーザ利得が得られないため、半導体レーザ素子の発振閾値電流値は増大し、逆に $500\mu\text{m}$ よりも大きいと、活性層に電流注入される領域が長くなるため発振閾値電流値が増大してしまう問題があった。

【0014】さらに、レーザ共振器方向の長さがレーザ共振器の長さより短い電極は、p側電極であることが好ましい。これは、p型窒化物系化合物半導体はn型窒化物系化合物半導体に比べて電気抵抗が大きいため、より確実に注入された電流が窒化ガリウム系半導体中を広がることが防止でき、可飽和吸収領域をより確実に形成できるためである。また、p側電極、n側電極の両方ともにレーザ共振器の長さよりも短くしても構わない。

【0015】また、本発明のような自励発振型の半導体レーザを得るためには、活性層内に存在する電子と正孔の密度が高速で変調される必要があるが、活性層として

用いられる窒化ガリウム系半導体材料は、電子・正孔ともにその有効質量が大きいことと多数の結晶欠陥が存在していることにより電子や正孔の移動度が大幅に低下している。従って、発光再結合によって電子・正孔が消滅しても、拡散により新たに電子と正孔が注入されず、電子と正孔の密度が変調されにくくなっている。そこで、本発明のように、窒化ガリウム系半導体レーザ素子の活性層を、単一量子井戸層、あるいは、量子井戸層と障壁層とを交互に積層してなる量子井戸構造活性層からなり量子井戸層の層数が2以上4以下である多重量子井戸構造で構成し、さらには、活性層を形成する量子井戸層の厚さを10nm以下とすることにより、活性層全体で電子と正孔を拡散しやすくして、電子と正孔の密度が変調されやすくなった。この結果、安定して自励発振特性を有する窒化ガリウム系半導体レーザ素子が得られた。また、多重量子井戸構造で構成された活性層の場合、活性層を形成する障壁層の厚さが厚すぎると、電子と正孔が活性層の全体にわたって、均一に分布することが阻害されるために、電子と正孔とが再結合しにくくなってしまう。この結果、自励発振特性のレーザ特性が悪化してしまうことになるが、障壁層の厚さを10nm以下とすれば正孔と電子とは活性層内で均一に分布することになり、良好な自励発振特性を有する窒化ガリウム系半導体レーザが得られた。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、具体例に従ってさらに詳細に説明する。

(第1の実施例) 図1は本発明の第1の実施例に係る窒化ガリウム系半導体レーザ素子を示す斜視図である。この図において、1はc面を表面として有するサファイア基板、2はGa_{0.1}Nバッファ層、3はn-Ga_{0.9}N n型コンタクト層、4はn-Al_{0.1}Ga_{0.9}N n型クラッド層、5はn-GaNガイド層、6は2層のIn_{0.2}Ga_{0.8}N量子井戸層と1層のIn_{0.05}Ga_{0.95}N障壁層とからなる多重量子井戸構造活性層、7はAl_{0.2}Ga_{0.8}N蒸発防止層、8はp-GaNガイド層、9はp-Al_{0.1}Ga_{0.9}N p型クラッド層、10はp-GaN p型コンタクト層、11はp側電極、12はn側電極、13はSiO₂絶縁膜である。

【0017】本実施例では、p側電極11のレーザ共振器方向の長さを300μmとし、レーザの共振器の長さを330μmとすることによって、Ga_{0.9}N系半導体においてオーミック電極形成された直下に対応する多重量子井戸構造活性層の領域にのみ電流が供給され、電極が形成されていない領域に対応する多重量子井戸構造活性層の領域が可飽和吸収領域として機能するため、自励発振特性を有する窒化物系化合物半導体レーザ素子が得られた。

【0018】本発明において、サファイア基板1の表面はa面、r面、m面等の他の面方位であっても構わな

い。また、サファイア基板に限らずGa_{0.9}N基板、SiC基板、スピネル基板、MgO基板、Si基板、GaAs基板も用いることが出来る。特にGa_{0.9}N基板とSiC基板の場合はサファイア基板に比べて基板上に積層した窒化ガリウム系半導体材料との格子定数差が小さく良好な結晶性の膜が得られ、さらに劈開しやすいため、劈開によるレーザ共振器端面の形成が容易であるという利点がある。バッファ層2はその上に窒化ガリウム系半導体をエピタキシャル成長させることが出来るものであればGa_{0.9}Nにこだわらず他の材料、例えばAl_{0.1}NやAl_{0.1}Ga_{0.9}N 3元混晶を用いてもよい。

【0019】n型クラッド層4及びp型クラッド層9は、Al_{0.1}Ga_{0.9}N以外のAl組成を持つAlGa_{0.9}N 3元混晶でもよい。この場合Al組成を大きくすると活性層とクラッド層とのエネルギーギャップ差及び屈折率差が大きくなり、キャリアや光が活性層に有効に閉じ込められてさらに発振閾値電流値の低減及び、温度特性の向上が図れる。またキャリアや光の閉じ込めが保持される程度でAl組成を小さくしていくと、クラッド層におけるキャリアの移動度が大きくなるため、半導体レーザ素子の素子抵抗を小さくできる利点がある。さらにこれらのクラッド層は微量に他の元素を含んだ4元以上の混晶半導体でもよく、n型クラッド層4とp型クラッド層9とで混晶の組成が同一でなくても構わない。

【0020】ガイド層5、8は、そのエネルギーギャップが、多重量子井戸構造活性層6を構成する量子井戸層のエネルギーギャップとクラッド層4、9のエネルギーギャップの間の値を持つような材料であればGa_{0.9}Nにこだわらず他の材料、例えばInGa_{0.9}N、AlGa_{0.9}N 3元混晶やInGa_{0.9}Al_{0.1}N 4元混晶等を用いてもよい。またガイド層全体にわたってドナー又はアクセプターをドーピングする必要はなく、多重量子井戸構造活性層6側の一部のみをノンドープとしてもよく、さらにはガイド層全体をノンドープとしてもよい。この場合、ガイド層に存在するキャリアが少なくなり、自由キャリアによる光の吸収が低減されて、さらに発振閾値電流が低減できるという利点がある。また、必ずしもガイド層を必要とする訳ではなく、ガイド層を有しないような窒化ガリウム系半導体レーザであっても半導体レーザ素子として機能する。

【0021】多重量子井戸構造活性層6を構成する2層のIn_{0.2}Ga_{0.8}N量子井戸層と1層のIn_{0.05}Ga_{0.95}N障壁層は、必要なレーザ発振波長に応じてその組成を設定すればよく、発振波長を長くしたい場合は量子井戸層のIn組成を大きくし、短くしたい場合は量子井戸層のIn組成を小さくする。また量子井戸層と障壁層は、InGa_{0.9}N 3元混晶に微量に他の元素を含んだ4元以上の混晶半導体でもよい。さらにIn_{0.05}Ga_{0.95}N障壁層は単にGa_{0.9}Nを用いてもよい。

【0022】また本実施例では、多重量子井戸構造活性

層6に接するように $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 蒸発防止層7を形成しているが、これは量子井戸層が成長温度を上昇している間に蒸発してしまうことを防ぐためである。従って、量子井戸層を保護するものであれば蒸発防止層7として用いることができ、他のAl組成を有するAlGa_{0.9}N三元混晶やGa_{0.9}Nを用いてもよい。また、この蒸発防止層7にMgをドーピングしてもよく、この場合はp-GaNガイド層8やp- $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 型クラッド層9から正孔が注入され易くなるという利点がある。さらに、量子井戸層のIn組成が小さい場合は蒸発防止層7を形成しなくても量子井戸層は蒸発しないため、特に蒸発防止層7を形成しなくても、本実施例の窒化ガリウム系半導体レーザ素子の特性は損なわれない。

【0023】次に、図1～図3を参照して上記窒化ガリウム系半導体レーザの作製方法を説明する。以下の説明ではMOCVD法（有機金属気相成長法）を用いた場合を示しているが、Ga_{0.9}Nをエピタキシャル成長できる成長法であればよく、MBE法（分子線エピタキシャル成長法）やHVPE（ハイドライド気相成長法）等の他の気相成長法を用いることもできる。

【0024】まず所定の成長炉内に設置された、c面を表面として有する厚さ350μmのサファイア基板1上に、トリメチルガリウム（TMG）とアンモニア（NH₃）を原料に用いて、成長温度550℃でGa_{0.9}Nバッファ層2を35nm成長させる。

【0025】次に成長温度を1050℃まで上昇させて、TMGとNH₃、及びシランガス（SiH₄）を原料に用いて、厚さ3μmのSiドーパn-Ga_{0.9}N型コンタクト層3を成長する。さらに続けてトリメチルアルミニウム（TMA）を原料に加え、成長温度は1050℃のままで厚さ0.7μmのSiドーパn- $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 型クラッド層4を成長する。続けて、TMAの供給を止めて、成長温度は1050℃のままで厚さ0.05μmのSiドーパn-GaNガイド層5を成長する。

【0026】次に、成長温度を750℃に下げ、TMGとNH₃、及びトリメチルインジウム（TMI）を原料に用いて、In_{0.2}Ga_{0.8}N量子井戸層（厚さ5nm）、In_{0.05}Ga_{0.95}N障壁層（厚さ5nm）、In_{0.2}Ga_{0.8}N量子井戸層（厚さ5nm）を順次成長することにより多重量子井戸構造活性層（トータルの厚さ15nm）6を作製する。さらに続けてTMGとTMAとNH₃を原料に用いて、成長温度は750℃のままで厚さ10nmの $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 蒸発防止層7を成長する。

【0027】次に、再び成長温度を1050℃に上昇して、TMGとNH₃、及びビスシクロペンタジエニルマグネシウム（Cp₂Mg）を原料に用いて、厚さ0.05μmのMgドーパp-GaNガイド層8を成長する。さらに続けてTMAを原料に加え、成長温度は1050

℃のままで厚さ0.7μmのMgドーパp- $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 型クラッド層9を成長する。続けて、TMAを原料から除いて、成長温度は1050℃のままで厚さ0.2μmのMgドーパp-GaNp型コンタクト層10を成長して、窒化ガリウム系半導体ウエハーを完成する。その後、この窒化ガリウム系半導体ウエハーを800℃の窒素ガス雰囲気中でアニールして、Mgドーパのp型層を低抵抗化する。

【0028】さらに通常のフォトリソグラフィとドライエッチング技術を用いて、200μm幅のストライプ状にp-GaNp型コンタクト層10の最表面から、n-Ga_{0.9}Nn型コンタクト層3が露出するまでエッチングを行い、メサ構造を作製する。次に、上記と同様のフォトリソグラフィとドライエッチング技術を用いて、残ったp-GaNp型コンタクト層10の最表面に、2μm幅のリッジストライプを形成するようにp-GaNp型コンタクト層10、p- $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 型クラッド層9の一部をエッチングする。続いて、リッジストライプの側面とリッジストライプ以外のp型層表面に厚さ200nmのSiO₂絶縁膜13を電流阻止層として形成する。

【0029】さらに、このSiO₂絶縁膜13とリッジストライプ14の表面に、p側電極のレーザ共振器に垂直な方向の幅W_p=150μm、p側電極のレーザ共振器に平行な方向の幅L_p=300μmの長方形にニッケルと金からなるp側電極11を、p側電極間距離D_p=50μmの間隔で形成し、エッチングにより露出したn-Ga_{0.9}Nn型コンタクト層3の表面にn側電極のレーザ共振器に垂直な方向の幅W_n=150μm、n側電極のレーザ共振器に平行な方向の幅L_n=300μmの長方形にチタンとアルミニウムからなるn側電極12をn側電極間距離D_n=50μmの間隔で形成して、窒化ガリウム系半導体ウエハーを完成する。この時の窒化ガリウム系半導体ウエハーの上面図を図2に示す。図2に示す半導体レーザ素子ウエハーでは、半導体レーザ素子を3つ並べたように配置している。

【0030】その後、このウエハーをリッジストライプ14と垂直な方向に半導体レーザ素子の共振器を作成するために、通常のフォトリソグラフィ法とドライエッチング法を用いてオーミック電極が形成されていない領域（間隔D_pの間）をドライエッチングすることによってレーザ共振器端面を形成する。図3に、本発明の作製工程におけるドライエッチングを施す時点の上面図を示す。この時、電極と共振器端面との距離L₁、L₂はともに15μm、ドライエッチングする領域の長さL₃は20μmとする。続いて、この窒化ガリウム系半導体ウエハーを個々のレーザチップとして分割する。そして、各チップをシステムにマウントし、ワイヤーボンディングにより各電極とリード端子とを接続して、窒化ガリウム系半導体レーザ素子を完成する。

【0031】以上のようにして作製された半導体レーザ素子は、発振波長410nm、発振閾値電流30mAという良好なレーザ特性が得られた。また、本実施の形態の半導体レーザ素子では、オーミック電極の共振器方向の長さが半導体レーザ素子の共振器の長さより30 μ mだけ短かくすることで、電極が形成されていない領域に対応する活性層の領域が可飽和吸収領域として機能するので、自励発振することも確認された。この結果、光ディスクシステム用として本実施例の窒化ガリウム系半導体レーザ素子を用いると、データの読み出しエラーを防止することができ、実用に供する窒化ガリウム系半導体レーザ素子が実現できた。

【0032】本実施例では、サファイア基板は硬くて劈開しにくいので、共振器端面を形成するために電極が形成されていない領域をドライエッチングすることで半導体レーザ素子の共振器端面を形成している。従来技術のように共振器端面で電極を切断している場合には、電極材料がドライエッチングされにくいため、電極材料をエッチングできるエッチング条件では共振器端面が荒れて、その結果、レーザ光の反射率が低下してレーザ発振のための閾値電流が増加する問題が生じていた。本実施の形態のように、電極の形成していない部分をエッチングする場合には、上記のような問題が生じることがなく、レーザ共振器面として使用できるきれいな表面を有する共振器面が得られる。また、本実施の形態では電極を形成後にドライエッチングにより共振器面を形成したが、ドライエッチングにより共振器面を形成後に電極を形成してもよい。

【0033】本実施の形態では、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さを300 μ mとし、レーザ共振器の長さよりも30 μ mだけ短くしたが、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが100 μ m以上500 μ m以下であり、レーザ共振器の長さとの違いが1 μ m以上100 μ m以下であれば、本実施の形態と同様の効果が得られる。また、本実施の形態では共振器と電極との共振器方向の距離L1、L2を共に15 μ mとしたが、L1、L2を同じ距離にする必要はなく、少なくともの一方の共振器面から1 μ m以上電極が形成されない領域が存在すれば構わない。

【0034】なお、本実施例では多重量子井戸構造活性層6を構成する量子井戸層と障壁層の層厚をともに5nmとしたが、これらの層厚が同一である必要はなく、異なっても構わない。また量子井戸層と障壁層の各層厚を10nm以下とすれば、本実施例にこだわらず、他の層厚でも同等の効果が得られる。また、多重量子井戸構造活性層6の量子井戸層数は3層や4層でもよく、単一量子井戸構造活性層でも構わない。

【0035】さらに本実施例では絶縁体であるサファイアを基板として用いたため、エッチングにより露出したn-GaN n型コンタクト層3の表面にn側電極12を

形成しているが、n型導電性を有するGaN、SiC、Si、GaAs等を基板に用いれば、この基板の裏面にn側電極12を形成してもよい。この場合には、特に200 μ m幅のストライプ状のメサ構造を作製する必要はなく、共振器方向のp側電極の長さを共振器の長さより短くなるようにすれば、n側電極は裏面全面に形成されていても構わない。さらには、電流阻止層であるSiO₂絶縁膜13は、SiN等の他の誘電体絶縁膜やn型導電性や半絶縁性を有する半導体材料を用いても構わない。また、窒化物系半導体のp型とn型の構成を逆にしても構わない。

【0036】(第2の実施例) 基板として用いたサファイアの厚さを100 μ mと薄くしたこと以外は、第1の実施例と同様にして窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハーをまず作製する。この時、第1の実施例と同様に図2に示されるように、Wp=150 μ m、Lp=300 μ mの長方形状にニッケルと金からなるp側電極11を、Dp=50 μ mの間隔で形成し、Wn=150 μ m、Ln=300 μ mの長方形状にチタンとアルミニウムからなるn側電極12をDn=50 μ mの間隔で形成している。

【0037】その後、このウエハーをリッジストライプ14と垂直な方向に半導体レーザ素子の共振器を作成するために、線A-Bに沿ってリッジストライプ14と垂直な方向に劈開することによってレーザ共振器端面を形成する。図4に、本発明の作製工程における劈開する時点の上面図を示す。この時電極と共振器面との距離L1'、L2'は共に25 μ m、半導体レーザ素子の共振器長L4は350 μ mとしている。続いて、この窒化ガリウム系半導体ウエハーを個々のレーザチップとして分割する。そして、各チップをステムにマウントし、ワイヤーボンディングにより各電極とリード端子とを接続して、窒化ガリウム系半導体レーザ素子を完成する。

【0038】以上のようにして作製された半導体レーザ素子は、発振波長410nm、発振閾値電流30mAという良好なレーザ特性が得られた。また、本実施の形態の半導体レーザ素子では、オーミック電極の共振器方向の長さが半導体レーザ素子の共振器の長さより50 μ mだけ短かくすることで、電極が形成されていない領域に対応する活性層の領域が可飽和吸収領域として機能するので、自励発振することも確認された。この結果、光ディスクシステム用として本実施例の窒化ガリウム系半導体レーザ素子を用いると、データの読み出しエラーを防止することができ、実用に供する窒化ガリウム系半導体レーザ素子が実現できた。

【0039】本実施例では、サファイア基板の厚さを100 μ m以下まで薄くすることにより劈開が可能となることを利用しているが、この場合にはサファイア基板は非常に固いので劈開する部分に大きな荷重を掛けて劈開する必要がある。劈開する部分に電極を形成している場

合には、電極に大きな荷重が掛かることにより電極が変形して劈開面よりはみ出すことになる。これによって、電極が電氣的に短絡を引き起こすことがあり、半導体レーザ素子の生産歩留まりが低下する。従って、電極が形成されていない部分を劈開して共振器面を作製することが好ましい。

【0040】本実施の形態では、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さを $300\mu\text{m}$ とし、レーザ共振器の長さよりも $50\mu\text{m}$ だけ短くしたが、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが $100\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下であり、レーザ共振器の長さとの違いが $1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であれば、本実施の形態と同様の効果が得られる。また、本実施の形態では共振器と電極との共振器方向の距離 $L1'$ 、 $L2'$ を共に $25\mu\text{m}$ としたが、 $L1'$ 、 $L2'$ を同じ距離にする必要はなく、少なくとも一方の共振器面から $1\mu\text{m}$ 以上電極が形成されない領域が存在すれば構わない。

【0041】(第3の実施例) 基板として厚さ $50\mu\text{m}$ の絶縁性Ga_{0.5}N基板を用いたこと以外は、第1の実施例と同様にして窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハーをまず作製する。この時、第1の実施例と同様に図2に示されるように、 $Wp=150\mu\text{m}$ 、 $Lp=300\mu\text{m}$ の長方形にニッケルと金からなるp側電極11を、 $Dp=50\mu\text{m}$ の間隔で形成し、 $Wn=150\mu\text{m}$ 、 $Ln=300\mu\text{m}$ の長方形にチタンとアルミニウムからなるn側電極12を $Dn=50\mu\text{m}$ の間隔で形成している。

【0042】その後、このウエハーをリジストライプと垂直な方向に半導体レーザ素子の共振器を作成するために、線C-Dに沿ってリジストライプと垂直な方向に劈開することによってレーザ共振器端面を形成する。図5に、本発明の作製工程における劈開する時点の上面図を示す。この時電極の長さ $L5$ 、 $L6$ は共に $150\mu\text{m}$ 、半導体レーザ素子の共振器長 $L7$ は $350\mu\text{m}$ としているので、半導体レーザの共振器の長さとの差は $50\mu\text{m}$ である。続いて、窒化ガリウム系半導体ウエハーを個々のレーザチップとして分割する。そして、各チップをステムにマウントし、ワイヤーボンディングにより各電極とリード端子とを接続して、窒化ガリウム系半導体レーザ素子を完成する。

【0043】以上のようにして作製された半導体レーザ素子は、発振波長 410nm 、発振閾値電流 30mA という良好なレーザ特性が得られた。また、本実施の形態の半導体レーザ素子では、オーミック電極の共振器方向の長さを半導体レーザ素子の共振器の長さより $50\mu\text{m}$ だけ短くすることで、電極が形成されていない領域に対応する活性層の領域が可飽和吸収領域として機能するので、自励発振することも確認された。この結果、光ディスクシステム用として本実施例の窒化ガリウム系半導

体レーザ素子を用いると、データの読み出しエラーを防止することができ、実用に供する窒化ガリウム系半導体レーザ素子を実現できた。

【0044】尚、本実施例では、電極が形成されている領域を劈開しているが、厚さ $50\mu\text{m}$ のGa_{0.5}N基板の場合にはサファイア基板に比べて劈開しやすいので、大きな荷重を掛ける必要がなく、電極が形成されている領域を劈開しても電極の変形は生じず、生産歩留まりの低下は生じない。本実施例のように共振器面まで電極が形成されていると、半導体レーザ素子の内部において共振器面までレーザ光の横モードが安定することで、レーザ光の非点収差が低減されるため、レーザ光をレンズで集光した場合のスポット径が小さくできるという利点がある。但し、Ga_{0.5}N基板でも厚さが大きくなると、劈開の際に大きな荷重を必要とするので、厚さが厚い場合には生産歩留まりを向上させるためには第2の実施例と同様に電極が形成されていない領域を劈開して共振器端面を形成することが好ましい。

【0045】本実施の形態では、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さの総和を $300\mu\text{m}$ とし、レーザ共振器の長さよりも $50\mu\text{m}$ だけ短くしたが、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが $100\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下であり、レーザ共振器の長さとの違いが $1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であれば、本実施の形態と同様の効果が得られる。また、本実施の形態では2つに分割されたオーミック電極の長さ $L5$ 、 $L6$ をそれぞれ同じ $150\mu\text{m}$ としたが、それぞれの長さが異なっても構わない。更に、オーミック電極が3つに分割されている場合でも同様の効果が得られる。オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが $100\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下であり、レーザ共振器の長さとの差が $1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であれば構わない。

【0046】さらに、本実施例では絶縁性のGa_{0.5}N基板を用いたため、n側電極をエッチングにより露出させたn-Ga_{0.5}N型コンタクト層の表面にn側電極を形成したが、n型Ga_{0.5}N基板を用いた場合には、n側電極をn型Ga_{0.5}N基板裏面側に形成してもよい。この場合にはp側電極を第1乃至3の実施例のいずれかに示す形状にしておけば、n型Ga_{0.5}N基板裏面全面に形成しても構わない。

【0047】(第4の実施例) リジストライプの側面と、リジストライプ以外のp型層表面に形成する電流阻止層として、第3の実施例で用いたSiO₂絶縁膜13の代わりに、厚さ $0.5\mu\text{m}$ のSiドープn-Al_{0.25}Ga_{0.75}N層15を用いたこと以外は、電極形成工程前まで第3の実施例と同様に窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハーを作製した。

【0048】続いて、この窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハーの表面に、リジストライプ14と垂直な方向に幅 $10\mu\text{m}$ のSiO₂絶縁膜(厚さ 200nm)

からなるストライプ21を $290\mu\text{m}$ の間隔で形成する。この時の窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハの上面図を図6に示す。さらに、ストライプ21とリッジストライプ14とSiドープ $\text{n-Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ 層15との表面にニッケルと金からなるp側電極22を形成し、エッチングにより露出した n-GaN 型コンタクト層にチタンとアルミニウムからなるn側電極23を形成している。

【0049】その後、このウエハをリッジストライプ14と垂直な方向にレーザの共振器を作製するために、線E-Fに沿ってリッジストライプと垂直な方向に劈開することによってレーザ共振器端面を形成する。この時の窒化ガリウム系半導体レーザ素子ウエハの上面図を図7に示す。この時、ストライプ21と共振器面との距離L8、L9は共に $145\mu\text{m}$ 、半導体レーザの共振器長L10は $300\mu\text{m}$ としている。続いて、この窒化ガリウム系半導体ウエハを個々のレーザチップとして分割する。そして、各チップをステムにマウントし、ワイヤーボンディングにより各電極とリード端子とを接続して、窒化ガリウム系半導体レーザ素子を完成する。

【0050】以上のようにして作製された半導体レーザ素子は、発振波長 410nm 、発振閾値電流 25mA という良好なレーザ特性が得られた。また、本実施の形態の半導体レーザ素子では、 SiO_2 絶縁膜からなるストライプ21が形成されている領域では p-GaN 型コンタクト層とp側電極及びn側電極とオーミック接触していないために、この領域には電流が注入されない。すなわち、窒化ガリウム系半導体層とオーミック接触する電極の共振器方向の長さとの差が $10\mu\text{m}$ だけ短くなっている。従って、ストライプ21が形成されている領域に対応する活性層の領域が可飽和吸収領域として機能するので、半導体レーザ素子は自励発振することも確認された。この結果、光ディスクシステム用として本実施例の窒化ガリウム系半導体レーザ素子を用いると、データの読み出しエラーを防止することができ、実用に供する窒化ガリウム系半導体レーザ素子を実現できた。

【0051】本実施の形態では、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さを $290\mu\text{m}$ とし、レーザ共振器の長さよりも $10\mu\text{m}$ だけ短くしたが、オーミック電極のレーザ共振器方向の長さが $100\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 以下であり、レーザ共振器の長さとの違いが $1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下であれば、本実施の形態と同様の効果が得られる。また、本実施の形態では2つに分割された電極の共振器方向の距離L8、L9を共に $145\mu\text{m}$ としたが、距離L8、L9を同じ距離にする必要はなく、少なくとも一方の共振器面から $1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下の電極が形成されない領域が存在すれば構わない。また、レーザ共振器端面を形成するための劈開をストライプ21で行っても構わない。

【0052】さらに、本実施例では絶縁性の GaN 基板を用いたが、エッチングにより露出した n-GaN コンタクト層の表面にn側電極を形成しているが、n型導電性を有する GaN を基板に用いれば、この基板の裏面にn側電極を形成してもよい。このとき少なくともストライプ21を図7に示す形状に形成すれば、n側電極は基板裏面全面に形成されていても構わない。

【0053】

【発明の効果】上述したように本発明による窒化ガリウム系半導体レーザ素子では、レーザ共振器の方向の一部の活性層において、電流が供給されない領域が形成されることになり、この電流が供給されない領域では発光が導波されて発光を吸収することになり、結果として可飽和吸収領域の役割を果たすことになり、自励発振特性を有することができた。これにより、良好なレーザ発振特性を有し、光ディスク用として使用可能な、データの読み出し時にエラーを発生しない窒化ガリウム系半導体レーザ素子を実現できた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る半導体レーザ素子を示す斜視図である。

【図2】本発明の第1の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図3】本発明の第1の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図4】本発明の第2の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図5】本発明の第3の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図6】本発明の第4の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図7】本発明の第4の実施例に係る半導体レーザ素子の製造工程を示す上面図である。

【図8】従来の半導体レーザ素子を示す斜視図である。

【図9】従来の自励発振型の窒化ガリウム系半導体レーザ素子を示す断面図である。

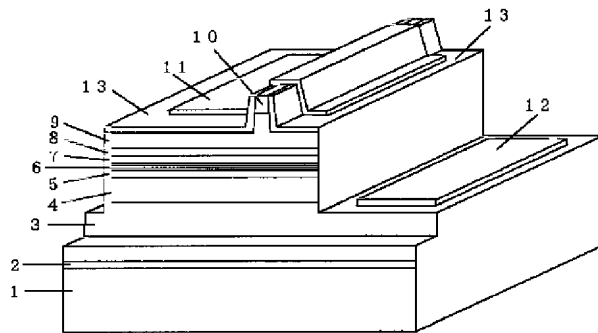
【符号の説明】

- 1 サファイア基板
- 2 GaN バッファ層
- 3 n-GaN 型コンタクト層
- 4 $\text{n-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 型クラッド層
- 5 n-GaN ガイド層
- 6 多重量子井戸構造活性層
- 7 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 蒸発防止層
- 8 p-GaN ガイド層
- 9 $\text{p-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 型クラッド層
- 10 p-GaN 型コンタクト層
- 11 p側電極
- 12 n側電極
- 13 SiO_2 絶縁膜

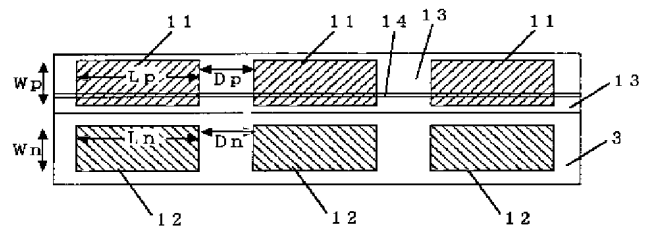
14 リッジストライプ

15 Siドープ n - $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ 層

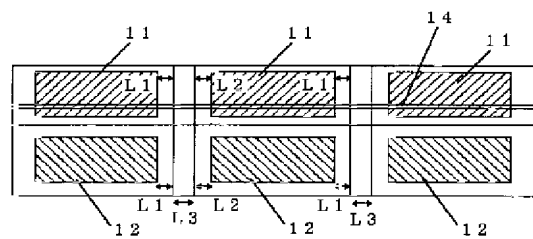
【図1】



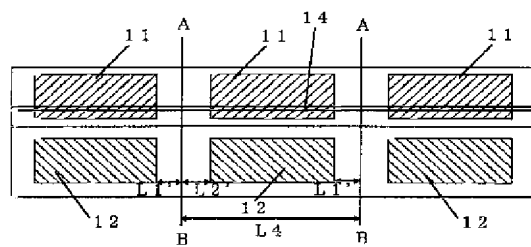
【図2】



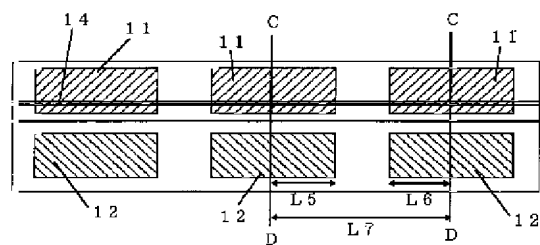
【図3】



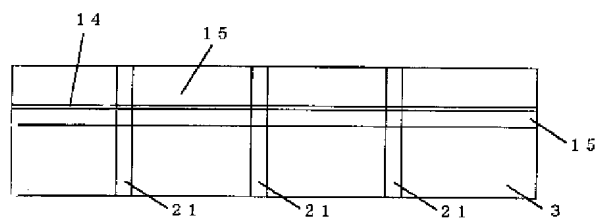
【図4】



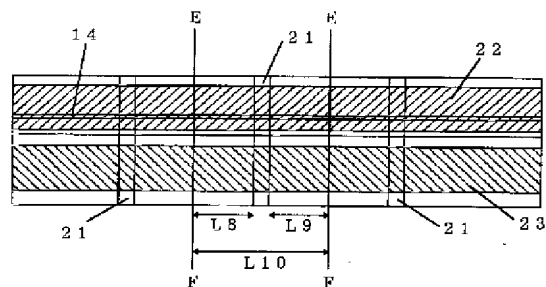
【図5】



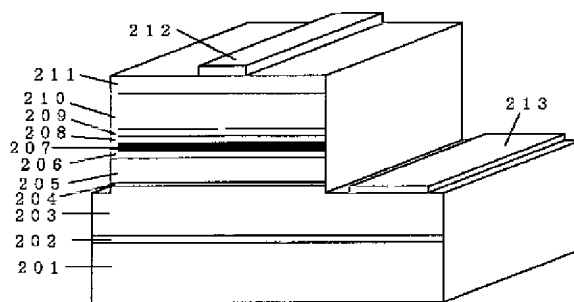
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

